ไพโรจน์ ไววานิชกิจ

Networking

# เทคนิคการติดตั้งเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ตอนที่ 1

*"มาเรียนรู้วิธีการสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในองค์กรกันเถอะ"*

นื่องจากผู้เขียนได้รับการติดต่อจากกองบรรณาธิการนิตยสารไมโครคอมพิวเตอร์ให้นำเสนอบทความเกี่ยวกับการติดตั้งเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในเชิงปฏิบัติ เพื่อสนองความต้องการของผู้อ่านที่สนใจจำนวนหนึ่ง จึงขอแยกบทความเรื่องนี้ออกจากบทความชุด "รอบรู้... เครือข่ายคอมพิวเตอร์" ซึ่งจะกล่าวถึงเรื่องราวทางทฤษฎีของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์โดยตรง สำหรับบทความในชุดใหม่นี้ ผู้เขียนจะกล่าวถึงการสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในองค์กรโดยใช้ระบบปฏิบัติการหลัก ๆ ที่ได้รับความนิยม 2 ชนิดด้วยกัน คือ ระบบปฏิบัติการ วินโดวส์เอ็นที (Windows NT) และระบบปฏิบัติการยูนิกซ์และลีนุกซ์ (Linux) และเกร็ดที่น่าสนใจสำหรับนำไปใช้งานได้ในชีวิตจริง

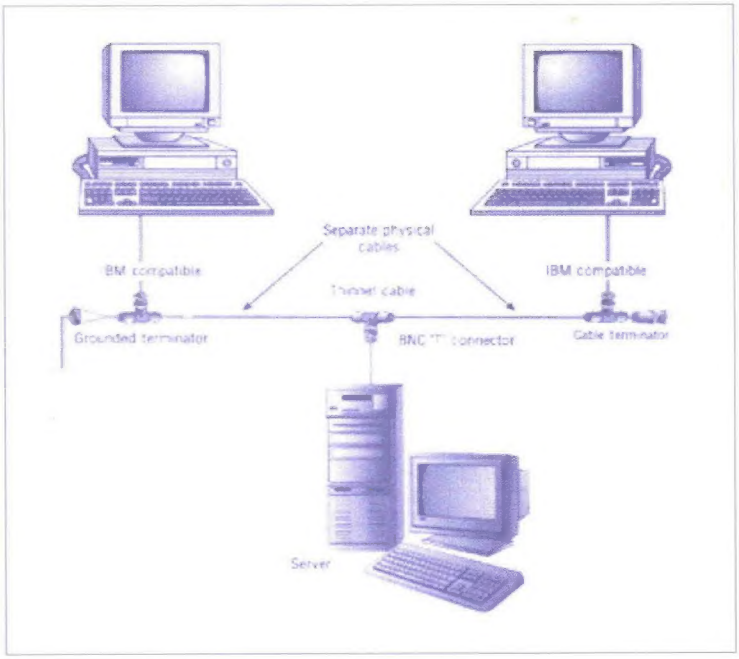
เครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในองค์กรสำนักงานหรือหน่วยงานต่าง ๆ นั้นประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลัก 4 ส่วนด้วยกันคือเครื่องคอมพิวเตอร์หลักที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องเซิร์ฟเวอร์ (Server) เครื่องคอมพิวเตอร์ใช้งานหรือที่เรียกกันว่าเวิร์กสเตชัน (Work Station) อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการเชื่อมต่อกันของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เช่น ฮับ (Hub) รีพีตเตอร์ (Repeater) เราท์เตอร์ (Router) และบริดจ์ (Bridge) เป็นต้น และส่วนประกอบสุดท้ายที่มีความสำคัญมากที่สุดก็คือบรรดาระบบปฏิบัติการ (Operating System) ซึ่งรวมไปถึงโปรแกรมประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ ในบทความชุดนี้ผู้เขียนจะกล่าวถึงเรื่องราวของอุปกรณ์ทางฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ ก่อนเป็นอันดับแรก จากนั้นจึงจะกล่าวถึงเรื่องราวของการติดตั้งระบบปฏิบัติการและปรับแต่งการทำงานของเครือข่ายคอมพิวเตอร์สำหรับการประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ และปิดท้ายด้วยเรื่องของการขยายขีดความสามารถของระบบเครือข่าย

## สายนำสัญญาณภายในเครือข่ายคอมพิวเตอร์

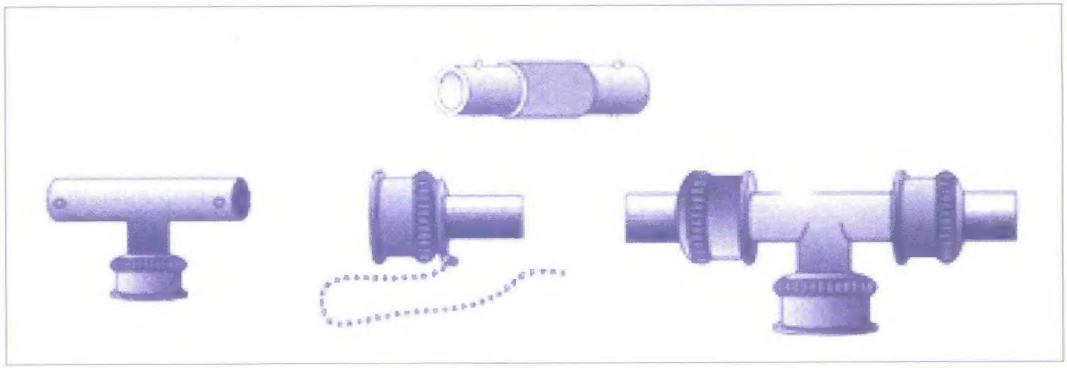
เป็นที่ทราบกันดีว่าการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างเป็นระบบเครือข่ายที่สมบูรณ์แบบนั้น ไม่ว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องเซิร์ฟเวอร์หรือเวิร์กสเตชันต่างก็ต้องมีการเชื่อมต่อกับตัวกลางนำสัญญาณ (Media) ต่าง ๆ ผ่านทางอุปกรณ์เชื่อมต่อกับระบบเครือข่าย (Network Interface Card หรือ NIC) ในที่นี้ผู้เขียนขอทบทวนประเภทของตัวกลางนำสัญญาณซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสายนำสัญญาณประเภทต่าง ๆ โดยแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

1. สายนำสัญญาณแบบโคแอกเซียลชนิดอ่อน (Thinnet Coaxial Cable) โดยส่วนใหญ่จะมีขนาด

เส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 0.18 นิ้ว เป็นสายนำสัญญาณที่มีตัวนำไฟฟ้า 2 ชุดวางตัวซ้อนกันอยู่โดยมีฉนวนกั้นระหว่างตัวนำชั้นในสุดและตัวนำชั้นนอก สายชนิดนี้เหมาะสำหรับการใช้งานกับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่มีอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลไม่เกิน 10 เมกกะบิตต่อวินาที รูปที่ 1 เป็นแนวทางการติดตั้งใช้งานสายนำสัญญาณชนิดดังกล่าวภายในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยการเชื่อมต่อนั้นจำเป็นจะต้องใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า "ที คอนเน็กเตอร์" (T-Connector) เป็นตัวแยกสายนำสัญญาณแต่ละช่วงออกจากกัน อีกทั้ง ณ ตำแหน่งปลายสุดของสายแต่ละด้านก็จำเป็นจะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ "เทอร์มิเนเตอร์" (Cable Terminator) ทั้งนี้ก็เพื่อป้องกันปัญหาการสะท้อนกลับของสัญญาณไฟฟ้า ณ ตำแหน่งปลายสายนั้น ๆ รูปที่ 2 แสดงให้เห็นถึงตัวอย่างของคอนเน็กเตอร์ประเภทต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้กับสายนำสัญญาณแบบโคแอกเชียลชนิดอ่อน ซึ่งตามมาตรฐานสากลจะเป็นคอนเน็กเตอร์ประเภท BNC (British Naval Connectors)




*รูปที่ 1*
*การติดตั้งใช้งานสายนำสัญญาณแบบโคแอกเชียลชนิดอ่อน*



*รูปที่ 2 คอนเน็กเตอร์ประเภทต่าง ๆ และลักษณะทางกายภาพของสายนำสัญญาณแบบโคแอกเชียลชนิดอ่อน*

การเชื่อมแบบต่อทีคอนเน็กเตอร์จะทำหน้าที่เชื่อมต่อสายนำสัญญาณแบบโคแอกเชียล 2 เส้นเข้าด้วยกัน ในขณะที่มีจุดแยกสำหรับเชื่อมต่อสายนำสัญญาณอีกชุดหนึ่งเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ โดยผ่านแผงวงจรเชื่อมต่อเครือข่าย หรือ NIC (Network Interface Card) ที่ผู้เขียนจะกล่าวถึงในตอนท้ายของบทความตอนนี้ สิ่งที่ควรจำก็คือการเชื่อมต่อเครือข่ายคอมพิวเตอร์โดยใช้สายนำสัญญาณแบบโคแอกเชียลนี้ ผู้ติดตั้งจะต้องปิดหัวและท้ายของปลายสายแต่ละด้านด้วยเทอร์มิเนเตอร์ที่มีค่าอิมพีแดนซ์ 50 โอห์มเสมอ มิฉะนั้นอุปกรณ์ NIC จะไม่สามารถรับส่งสัญญาณผ่านเครือข่ายได้ ข้อควรระวังสำหรับการติดตั้งสายนำสัญญาณชนิดนี้ก็คือระยะทางสูงสุดของแต่ละเซ็กเมนต์จะต้องไม่ยาวเกินกว่า 600 ฟุต

2. สายนำสัญญาณชนิดตีเกลียว (Twisted Pair Cable) เป็นสายนำสัญญาณที่ได้รับความนิยมใช้งานมากที่สุด ใช้กับทั้งการรับส่งเสียงและข้อมูลคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ มีข้อดีกว่าสายแบบโคแอกเชียลในเรื่องของการต้านทานสัญญาณรบกวนที่ดีกว่า เครือข่ายคอมพิวเตอร์ในองค์กรต่าง ๆ ทั่วไป

มักนิยมติดตั้งโดยใช้สายนำสัญญาณประเภทนี้ โครงสร้างภายในของสายนำสัญญาณประกอบด้วยสายไฟฟ้าทำหน้าที่เป็นตัวนำทั้งสิ้น 4 คู่ตีเกลียวกันอยู่ภายในฉนวนหุ้ม สายไฟฟ้าแต่ละเส้นจะมีสีที่แตกต่างกันเพื่อสร้างความสะดวกในการจำแนกความแตกต่างให้กับผู้ติดตั้ง สายนำสัญญาณชนิดตีเกลียวมีการผลิตออกสู่ตลาดเป็นหลายเกรด สายแต่ละเกรดหรือแต่ละประเภทจะมีขีดความสามารถในการรองรับการสื่อสารที่แตกต่างกันอันมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

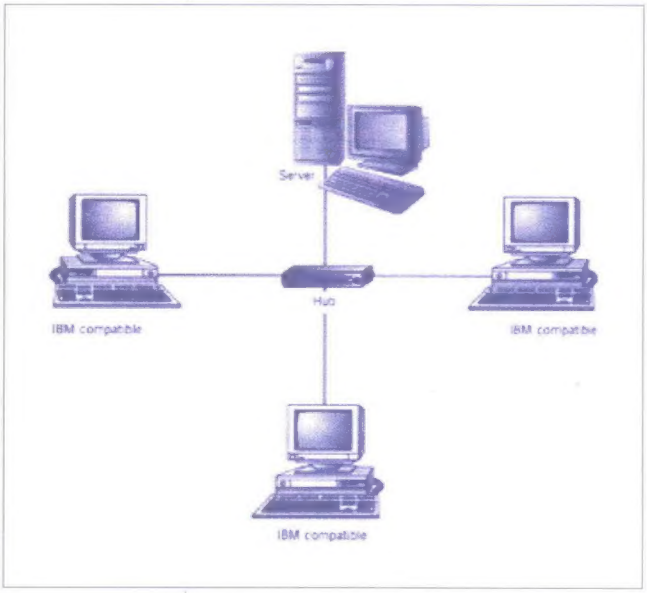
สายนำสัญญาณชนิดตีเกลียวที่ได้รับความนิยมมากที่สุดได้แก่ สายประเภท CAT3 และ CAT5 การติดตั้งเครือข่ายคอมพิวเตอร์โดยใช้สายนำสัญญาณชนิดตีเกลียวมักอยู่ในรูปแบบการจัดโครงสร้างแบบกระจายหรือแบบดวงดาว (Star Topology) ซึ่งต่างจากในกรณีของสายนำสัญญาณแบบโคแอกเชียลที่จัดโครงสร้างเครือข่ายเป็นแบบบัส (Bus Topology) ทั้งนี้นิยมเชื่อมต่อปลายสายนำสัญญาณแต่ละเซ็กเมนต์เข้ากับอุปกรณ์ฮับ (Hub) หรืออุปกรณ์สวิทชิ่ง ซึ่งผู้เขียนจะกล่าวถึงรายละเอียดในบทความตอนต่อไป รูปที่ 3 เป็นตัวอย่างการติดตั้งใช้งานเครือข่ายคอมพิวเตอร์โดยใช้สายนำสัญญาณชนิดตีเกลียว และรูปที่ 4 แสดงโครงสร้างของสายนำสัญญาณพร้อมกับตำแหน่งขานำสัญญาณบนคอนเนกเตอร์สำหรับเชื่อมต่อเข้ากับแผงวงจร NIC บนเครื่องคอมพิวเตอร์

ในกรณีของสายนำสัญญาณชนิดตีเกลียวจะใช้ตัวเชื่อมต่อแบบ RJ-45 หรือ RJ-11 ซึ่งมีลักษณะคล้ายปลั๊กโทรศัพท์ โดยมีการกำหนดมาตรฐานเพื่อระบุตำแหน่งขาและหน้าที่ของสายไฟฟ้าแต่ละเส้น ซึ่งมีรายละเอียดการใช้งานและการระบุสีตามมาตรฐานสากลแต่ละค่ายดังตารางที่ 2 ข้อควรระวังสำหรับสายนำสัญญาณประเภทนี้ก็คือข้อจำกัดในเรื่องของระยะทางที่กำหนดไว้ไม่ให้เกิน 325 ฟุตหรือประมาณ 100 เมตร ซึ่งในกรณีของการติดตั้งเครือข่ายภายในองค์กรขนาดใหญ่ที่ต้องการระยะการเดินสายที่ยาวมาก ๆ ผู้ติดตั้งต้องให้ความระมัดระวังกับข้อจำกัดนี้ให้มาก เพราะอาจส่งผลทำให้ข้อมูลที่ถูกส่งผ่านสายนำสัญญาณถูกรบกวนจากสัญญาณรบกวนภายนอกจนไม่สามารถใช้ติดต่อสื่อสารได้

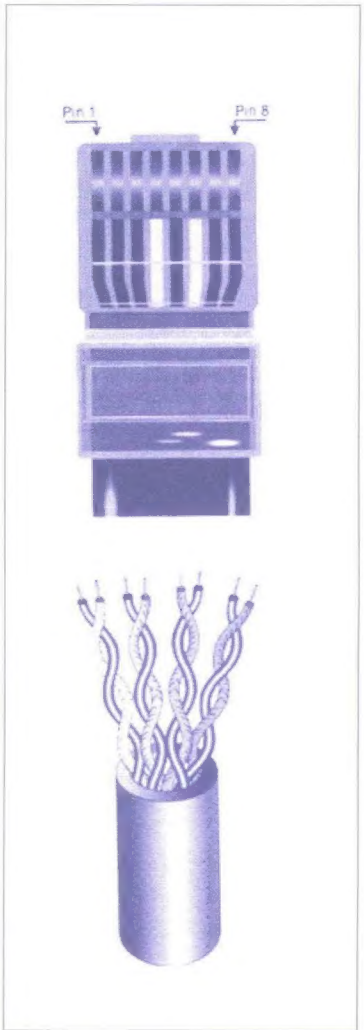
3. สายนำสัญญาณแบบไฟเบอร์ออปติค (Fiber-Optic Cable) เป็นสายนำสัญญาณที่ใช้แสงเป็นตัวกลางในการนำสัญญาณแทนสัญญาณไฟฟ้า โครงสร้างภายในของสายนำสัญญาณแบบไฟเบอร์ออฟติกเป็นแก้วที่ถูกม้วนเป็นทรงกระบอกโดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางที่เล็กมาก ๆ (ประมาณ 62.5 ไมครอน) การรับส่งสัญญาณจะใช้ลำแสงที่ถูกสร้างขึ้นจากหลอด LED (Light Emitting Diode) ส่องผ่านปลายด้านหนึ่งของสายนำสัญญาณ ลำแสงจะเกิดการสะท้อนไปตลอดแนวความยาวของสายนำสัญญาณจนกระทั่งไปปรากฏที่ปลายอีกด้านหนึ่ง เทคโนโลยีไฟเบอร์ออฟติคในปัจจุบันสามารถสร้างสายนำสัญญาณที่สามารถส่งข้อมูลผ่านลำแสงเพียงแสงเดียว หรือที่เรียกว่า

*ตารางที่ 1 การจัดแบ่งประเภทของสายนำสัญญาณชนิดตีเกลียว*

| ประเภทของสาย | การใช้งาน |
|---|---|
| CAT1 และ CAT2 | ใช้รับส่งเสียงและข้อมูลอัตราเร็วต่ำ |
| CAT3 | ใช้รับส่งเสียงและข้อมูลอัตราเร็วไม่เกิน 10 เมกกะบิตต่อวินาที |
| CAT4 | ใช้รับส่งเสียงและข้อมูลอัตราเร็วไม่เกิน 16 เมกกะบิตต่อวินาที |
| CAT5 | ใช้รับส่งเสียงและข้อมูลอัตราเร็วไม่เกิน 100 เมกกะบิตต่อวินาที |




*รูปที่ 3*
*การติดตั้งใช้งาน*
*สายนำสัญญาณแบบตีเกลียว*



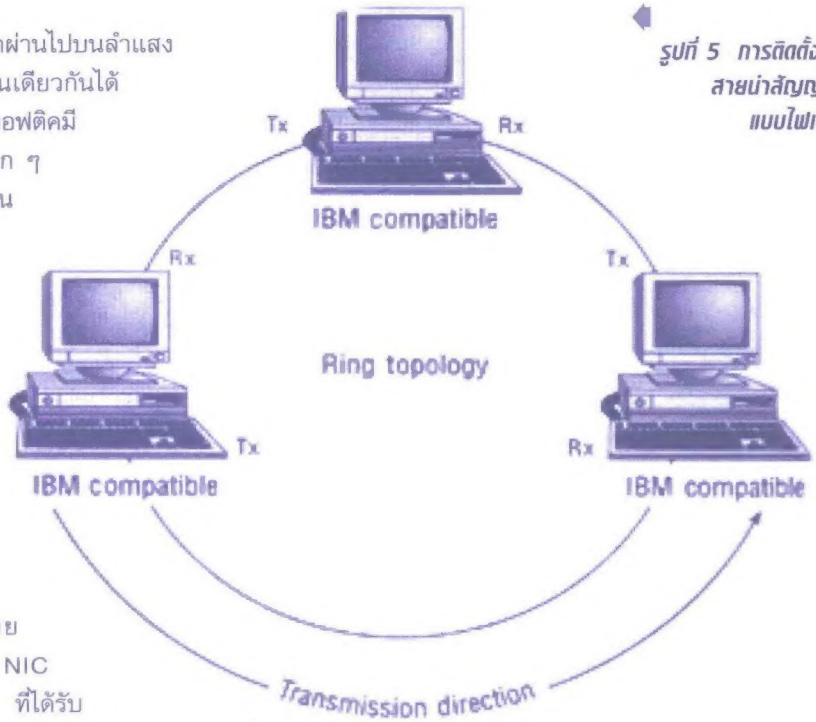

*รูปที่ 4*
*คอนเน็กเตอร์และลักษณะทางกายภาพของสายนำสัญญาณชนิดตีเกลียว*

Single Mode หรือสามารถส่งข้อมูลหลาย ๆ ชุดแยกผ่านไปบนลำแสงหลาย ๆ ลำ โดยให้มีการส่งผ่านสายนำสัญญาณเส้นเดียวกันได้ ที่เรียกกันว่า Multimode สายนำสัญญาณแบบไฟเบอร์ออฟติคมีขีดความสามารถในการรับส่งข้อมูลในอัตราเร็วที่สูงมาก ๆ ได้ จะเห็นได้ว่าในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ตามสำนักงานบางแห่งก็เริ่มมีการพิจารณาติดตั้งสายนำสัญญาณประเภทนี้เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์กันบ้างแล้ว

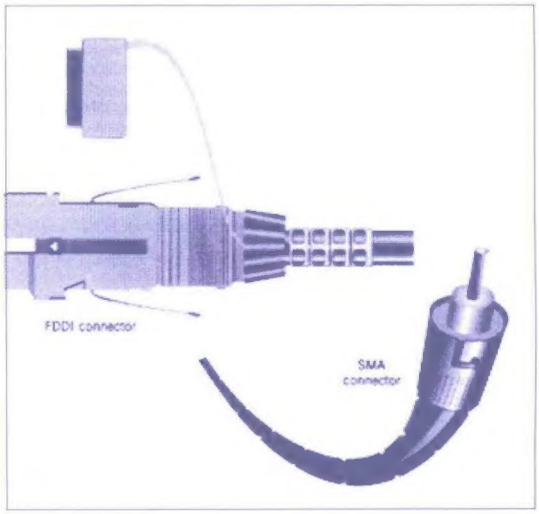
รูปแบบการติดตั้งสายนำสัญญาณประเภทนี้แสดงในรูปที่ 5 จะเห็นว่ามีลักษณะการเชื่อมต่อเป็นแบบวงรอบ (Ring) ซึ่งที่จริงแล้วการเชื่อมต่อแบบนี้มีพัฒนาการมาจากการเชื่อมต่อแบบบัสโดยมีการนำส่วนปลายทั้งสองข้างของเซ็กเมนต์มาเชื่อมต่อกัน จะเห็นว่าพอร์ตด้านรับ (RX) ของเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งจะถูกเชื่อมต่อเข้ากับพอร์ตด้านส่ง (TX)

สำหรับคอนเนกเตอร์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อสายนำสัญญาณแบบไฟเบอร์ออฟติคเข้ากับอุปกรณ์ NIC ของเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นมีอยู่หลายประเภทด้วยกัน ที่ได้รับความนิยมใช้งานมากที่สุดก็เห็นจะเป็นคอนเนกเตอร์แบบ SMA และแบบ FDDI ปัญหาที่สำคัญสำหรับผู้ติดตั้งระบบเครือข่ายโดยใช้สายนำสัญญาณชนิดนี้ก็คือต้องใช้ความชำนาญประกอบกับเครื่องมือที่มีคุณภาพสูงในการเชื่อมต่อคอนเนกเตอร์เข้ากับสายนำสัญญาณ โดยทั่วไปการเข้าหัวเชื่อมต่อจะต้องทำในห้องที่ปราศจากฝุ่น ทั้งนี้หากมีฝุ่นแม้เพียงก้อนเล็ก ๆ พลัดหลงเข้าไปในจุดเชื่อมต่อก็จะทำให้การสะท้อนของลำแสงที่มีขนาดเล็กมาก ๆ เกิดความผิดพลาด จะทำให้ข้อมูลผิดพลาดตามไปด้วย รูปที่ 6 แสดงให้เห็นถึงคอนเนกเตอร์ที่มีการใช้งานทั้ง 2 ประเภท

คำถามที่น่าสนใจก็คือสายนำสัญญาณแต่ละแบบมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันอย่างไร และจะเลือกใช้สายนำสัญญาณแบบใดกับออกแบบเครือข่ายของท่านผู้อ่าน ผู้เขียนขอตอบคำถามดังกล่าวด้วยตารางเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของสายนำสัญญาณทั้งสามประเภท ขอให้ผู้อ่านแต่ละท่านทำการตัดสินตามวิจารณญาณของท่านโดยพิจารณาจากความต้องการทางเทคนิคงบประมาณ และความเชี่ยวชาญของท่าน




รูปที่ 5 การติดตั้งใช้งานสายนำสัญญาณแบบไฟเบอร์ออฟ




รูปที่ 6 คอนเนกเตอร์แบบ SMA และ FDDI สำหรับใช้กับสายนำสัญญาณแบบไฟเบอร์ออฟติค

ตารางที่ 2 มาตรฐานการจัดวางขาสัญญาณและแถบสีของสายนำสัญญาณชนิดดีเกลียว

| ขาเลขที่ | การใช้งาน | มาตรฐาน AT&T | มาตรฐาน EIA | มาตรฐาน IEEE |
|---|---|---|---|---|
| 1 | + Transmit | ขาว/ส้ม | ขาว/เขียว | ขาว/ส้ม |
| 2 | - Transmit | ส้ม/ขาว | เขียว/ขาว | ส้ม/ขาว |
| 3 | + Receive | ขาว/เขียว | ขาว/ส้ม | ขาว/เขียว |
| 4 | | น้ำเงิน/ขาว | น้ำเงิน/ขาว | ไม่มีใช้งาน |
| 5 | | ขาว/น้ำเงิน | ขาว/น้ำเงิน | ไม่มีใช้งาน |
| 6 | - Receive | เขียว/ขาว | ส้ม/ขาว | เขียว/ขาว |
| 7 | | ขาว/น้ำตาล | ขาว/น้ำตาล | ไม่มีใช้งาน |
| 8 | | น้ำตาล/ขาว | น้ำตาล/ขาว | ไม่มีใช้งาน |

| ประเภท | ข้อดี | ข้อเสีย |
|---|---|---|
| สายนำสัญญาณแบบโคแอกเชียลชนิดอ่อน (Thin Coaxial Cable) | • มีความต้านทานต่อสัญญาณรบกวนสูง<br>• มีความทนทานต่อการติดตั้ง และใช้งานได้ในหลายสภาพแวดล้อมทางการติดตั้งและสภาพอากาศ<br>• ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งต่ำ | • สายมีขนาดใหญ่ ทำให้เกิดความลำบากในการติดตั้งโดยเฉพาะในที่คับแคบ<br>• รูปแบบการเชื่อมต่อในลักษณะอนุกรมระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้ปรับเปลี่ยนโครงสร้างเครือข่ายได้ยาก<br>• หากเกิดข้อขัดข้องระหว่างจุดเชื่อมต่อหนึ่ง ๆ จะทำให้เกิดปัญหากับทั้งเครือข่าย และค้นหาสาเหตุได้ยาก<br>• สนับสนุนเทคโนโลยีอีเธอร์เน็ตรับข้อส่งมูลได้ด้วยอัตราเร็วไม่เกิน 10 เมกกะบิตต่อวินาที |
| สายนำสัญญาณชนิดตีเกลียว (Twisted Pair Cable) | • ได้รับความนิยมใช้งานทั่วไป<br>• มีมาตรฐานสากลรับรอง<br>• ติดตั้งง่าย<br>• ง่ายต่อการหาสาเหตุของการเกิดปัญหา ทั้งนี้เพราะคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะไม่ถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันโดยตรง<br>• สนับสนุนการรับส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วสูง<br>• ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งต่ำ | • มีข้อจำกัดในเรื่องระยะทางสูงสุดในแต่ละเซ็กเมนต์ ซึ่งถูกจำกัดไว้ที่ 325 ฟุต<br>• สายนำสัญญาณชนิดตีเกลียวมักได้รับผลกระทบจากการรบกวนของสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและคลื่นความถี่วิทยุได้ง่ายกว่าสายนำสัญญาณแบบโคแอกเชียล |
| สายนำสัญญาณแบบไฟเบอร์ออฟติค * (Fiber Optic Cable) | • ไม่ได้รับผลกระทบจากสัญญาณรบกวนต่างๆ<br>• การรับส่งโดยใช้แสงไม่ทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จึงไม่อาจถูกบุคคลที่สามลักลอบดักจับสัญญาณข้อมูลที่มีการส่งผ่านสายนำสัญญาณชนิดนี้ได้<br>• มีขีดความสามารถในการรับส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วสูงมาก<br>• มีมาตรฐานสากลรับรอง | • การติดตั้ง โดยเฉพาะการเข้าหัวนำสัญญาณจะต้องกระทำโดยผู้มีความชำนาญเฉพาะเท่านั้น<br>• ต้นทุนในการติดตั้งอยู่ในราคาที่สูงเมื่อเทียบกับสายนำสัญญาณประเภทอื่น ๆ |

## ตัวอย่างการออกแบบเลือกใช้สายนำสัญญาณ

เพื่อเป็นการทบทวนความเข้าใจจากสิ่งที่ผู้เขียนได้กล่าวไว้ข้างต้น ผู้เขียนจะลองยกตัวอย่างการออกแบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วยการพิจารณาเลือกใช้ประเภทของสายนำสัญญาณ โดยจะกล่าวถึงตัวอย่างที่น่าสนใจ 2 ตัวอย่างด้วยกัน

**ตัวอย่างที่ 1** ผู้เขียนต้องการออกแบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์สำหรับใช้งานภายในสำนักงานเล็ก ๆ แห่งหนึ่ง เป็นห้องเดี่ยว มีพนักงานขายทำงานอยู่ 4 คน คาดกันว่าจะไม่มีการขยายขนาดของสำนักงานแห่งนี้ภายในระยะเวลา 5 ปีข้างหน้า งานขายส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่สำนักงานใหญ่ซึ่งอยู่ห่างจากสำนักงานแห่งนี้ โดยพนักงานขายทั้ง 4 คนจะใช้เวลาส่วนใหญ่ทำงานอยู่ที่สำนักงานแห่งนี้ ปริมาณข้อมูลที่มีการส่งผ่านระหว่างกันของพนักงานทั้ง 4 คนนี้มีน้อยมาก

ในกรณีนี้จะเห็นว่าประเด็นสำคัญที่สมควรจะนำมาพิจารณาประกอบการตัดสินใจมีอยู่ 3 ประการด้วยกัน คือ จำนวนผู้ใช้งานมีอยู่น้อย (เพียง 4 คนเท่านั้น) มีการคาดการณ์ว่าขนาดของเครือข่ายจะไม่ขยายใหญ่ขึ้นในระยะเวลาอันใกล และต้องการแบนด์วิดท์ (ความสามารถในการรองรับการถ่ายโอนข้อมูล) ในระดับที่ต่ำ การออกแบบเครือข่ายโดยใช้สายนำสัญญาณแบบโคแอกเชียลชนิดอ่อนจึงน่าจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด การลงทุนกระทำเพียงจัดหาสายนำสัญญาณ 3 เส้น ที-คอนเนกเตอร์ 4 ชุด เทอร์มิเนเตอร์ 2 ชุด และอุปกรณ์ NIC สำหรับเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์เพียง 4 ชุด ซึ่งรูปแบบการจัดวางเครือข่ายก็จะเป็นไปในลักษณะคล้ายกับในรูปที่ 1 ต่างกันเพียงเพิ่มจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ขึ้นอีก 1 เครื่อง การออกแบบในลักษณะนี้จะประหยัดเงินลงทุนอุปกรณ์ฮับลงไปเมื่อเทียบกับการเลือกใช้สายนำสัญญาณชนิดตีเกลียว เหตุผลที่สำคัญอีกประการหนึ่งของการเลือกใช้สายนำสัญญาณแบบโคแอกเชียลก็คือการที่จำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ภายในเครือข่ายมีอยู่น้อย จึงทำให้สามารถค้นหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดจากสายสัญญาณหลวมหรือขาดได้ง่ายและรวดเร็ว อีกทั้งยังเป็นการออกแบบที่ทำให้เกิดความประหยัดมากที่สุด

**ตัวอย่างที่ 2** ต้องการออกแบบระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดกลางซึ่งมีผู้ใช้งานจำนวนทั้งสิ้น 250 คน เครือข่ายดังกล่าวนี้มีเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์จำนวนหลายเครื่องทำหน้าที่เป็นระบบศูนย์กลางการจัดเก็บแฟ้มข้อมูลต่าง ๆ มีความต้องการแบนด์วิดท์ที่สูงมากสำหรับผู้ใช้งานจำนวนมากที่ต้องการดึงข้อมูลที่อยู่ในรูปของไฟล์แบบกราฟฟิคที่มีขนาดใหญ่ผ่านเครือข่าย

ในกรณีของเครือข่ายนี้จะมีประเด็นสำคัญที่ต้องใช้ประกอบการพิจารณาอยู่ 2 ประการด้วยกันคือ ผู้ใช้งานจำนวน 250 คน และความต้องการแบนด์วิดท์ที่สูงสำหรับการใช้งานทั่วไป จะเห็นว่าสายนำสัญญาณแบบโคแอกเซียลไม่เหมาะสมกับเครือข่ายนี้เนื่องจากความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาหยุดทำงานของเครือข่ายหากจุดเชื่อมต่อเพียงจุดใดจุดหนึ่งภายในเครือข่ายเกิดหลวมหรือขัดข้อง ซึ่งถือเป็นการสร้างความเสี่ยงต่อการให้บริการเครือข่าย นอกจากนั้นสายนำสัญญาณแบบโคแอกเซียลก็มีข้อจำกัดในเรื่องของอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลไม่เกิน 10 เมกกะบิตต่อวินาที ซึ่งเชื่อได้ว่าไม่เพียงพอต่อการตอบสนองความต้องการในการดึงไฟล์ข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ข้ามเครือข่ายอย่างแน่นอน

ทางออกในการเลือกประเภทของสายนำสัญญาณสำหรับเครือข่ายแห่งนี้จะถูกพิจารณาโดยแยกออกตามความต้องการใช้งานและพฤติกรรมการรับส่งข้อมูล ซึ่งผู้เขียนสามารถแบ่งกลุ่มของการเชื่อมต่อออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานกับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และกลุ่มการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายคอมพิวเตอร์กับเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ สำหรับในกลุ่มแรกซึ่งสะท้อนภาพความต้องการของผู้ใช้งานจะเห็นว่าสายนำสัญญาณที่เหมาะสมน่าจะเป็นสายแบบตีเกลียวชนิด CAT5 ซึ่งสนับสนุนการรับส่งข้อมูลได้ด้วยอัตราเร็วสูงสุดถึง 100 เมกกะบิตต่อวินาที ซึ่งน่าจะเกินพอกับปริมาณข้อมูลที่ผู้ใช้งานแต่ละคนต้องการ นอกจากนั้นการเลือกใช้งานสายนำสัญญาณชนิดตีเกลียวก็เป็นการบังคับไปในตัวว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้งานแต่ละคนจะมีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายด้วยโครงสร้างแบบดวงดาวโดยผ่านทางอุปกรณ์ฮับหรืออุปกรณ์สวิทชิ่ง เป็นการรับประกันว่าปัญหาในเรื่องของสายนำสัญญาณที่เกิดขึ้นกับผู้ใช้งานคนหนึ่งจะไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งานคนอื่น ๆ แต่อย่างใด

สำหรับการเชื่อมต่อภายในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ส่วนที่เหลือซึ่งก็คือการเชื่อมต่อภายในกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ซึ่งต้องมีการส่งผ่านข้อมูลปริมาณมหาศาลไปยังผู้ใช้งาน ควรเลือกใช้สายนำสัญญาณแบบไฟเบอร์ออฟติคซึ่งจะช่วยทำให้บรรดาเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์เปรียบเสมือนมีท่อส่งน้ำขนาดใหญ่สำหรับระบายน้ำจำนวนมหาศาลผ่านไปยังท่อประปาท้องถิ่น (ซึ่งก็คือสายนำสัญญาณแบบ CAT5) เพื่อไปสู่ผู้บริโภคปลายทางซึ่งก็คือเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้งานแต่ละคนนั่นเอง

ตัวอย่างทั้งสองกรณีนี้คงพอจะสร้างแนวคิดในการเลือกใช้สายนำสัญญาณที่เหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้งาน และพฤติกรรมรวมถึงสภาพแวดล้อมของการใช้งานเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามสิ่งที่ผู้เขียนได้กล่าวถึงนี้ก็เป็นเพียงหนึ่งในหลาย ๆ ปัจจัยที่จะถูกใช้ในการพิจารณาออกแบบระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ผู้ออกแบบระบบยังต้องพิจารณาถึงปัจจัยอื่น ๆ อีกหลายประการซึ่งผู้เขียนจะทะยอยนำเสนอต่อไปตามลำดับ

เมื่อเลือกประเภทของสายนำสัญญาณที่ต้องการจะใช้ในเครือข่ายคอมพิวเตอร์แล้ว ผู้ออกแบบระบบก็จะทำการเลือกประเภทของอุปกรณ์ NIC ที่จะใช้เป็นตัวกลางในการเชื่อมเครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ เช่น เครื่องพิมพ์ เทปบันทึกข้อมูล หรืออุปกรณ์เครือข่ายชนิดอื่น ๆ เข้ากับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ในฉบับหน้าผู้เขียนจะได้กล่าวถึงอุปกรณ์ NIC ประเภทต่าง ๆ และการเลือกใช้งาน รวมถึงเทคนิคในการติดตั้งเบื้องต้น แล้วพบกั

## Micro Short Tips

### New Line Character

เมื่อสร้างรายการแสดงหัวข้อย่อยด้วยตัวเลขตามลำดับ คุณสามารถกำหนดให้ Word ใส่หมายเลขที่ด้านหน้าของแต่ละรายการได้โดยอัตโนมัติ ให้คุณเลือก "แก้ไขอัตโนมัติ" (เมนูเครื่องมือ) คลิกที่แท็บ "จัดรูปแบบอัตโนมัติ" ในขณะที่พิมพ์ และทำเครื่องหมายที่บ็อกซ์ด้านซ้ายมือของ "ใส่ลำดับเลขอัตโนมัติ" ถ้าคุณเลือกที่จะเพิ่มรายการภายหลังจากการสร้างลิสต์ เพียงแค่คลิกเมาส์ตรงด้านท้ายสุดของบรรทัดด้านบนในบรรทัดที่คุณต้องการใส่รายการใหม่และกด Enter โปรแกรมจะใส่หมายเลขบรรทัดใหม่และเรียงหมายเลขของรายการเดิมในลิสต์โดยอัตโนมัติ ในการลบตัวเลขเหล่านี้ทิ้งให้กดปุ่ม Backspace 3 ครั้ง การยกเลิกหรือการใส่หมายเลขบรรทัดกด Enter 2 ครั้ง

หากต้องการเพิ่มข้อความลงในรายการแสดงหัวข้อย่อยด้วยตัวเลขตามลำดับ โดยไม่ต้องเริ่มหมายเลขสำหรับรายการใหม่หรือจัดเรียงหมายเลขในลิสต์ใหม่ ใช้ New Line Charactor ของ Word ด้วยการสร้างรายการแสดงหัวข้อย่อยด้วยตัวเลขตามลำดับที่มีรายการ 5 รายการขึ้นไป คลิกเมาส์ที่ด้านหลังคำสุดท้ายในรายการที่ 4 กด <Shift-Enter> ค่า New Line จะเริ่มต้นบรรทัดใหม่ ณ ตำแหน่งที่ตรงกับข้อความในรายการด้านบน